

하천변 갈대관리로 만경·동진강 수질환경개선

Issue Briefing

Contents

1. 들어가며
2. 갈대에 의한 수질관리의 양면성
3. 새만금 하천변 갈대관리에 의한 경제성 및 환경성
4. 정책제언

연구진

김보국 연구위원
이강진 연구위원
엄진영 연구원



전북발전연구원 이슈브리핑 2012년 10월 08일 vd.91 발행처 : 전북발전연구원 발행인 : 김경섭
전북 전주시 완산구 콩쥐밭길로 1696(효자동3가 1052-1) TEL : 063280-7100 FAX : 063286-9206
※이슈브리핑에 수록된 내용은 연구진의 견해로서 전라북도의 정책과는 다를 수도 있습니다.
※지난 호 이슈브리핑을 홈페이지 (www.jthink.kr)에서도 볼 수 있습니다.

C O N T E N T S

하천변 갈대관리로 만경·동진강 수질환경개선

I. 들어가며	3
II. 갈대에 의한 수질관리의 양면성	4
1. 오염물질 제거에 탁월한 갈대습지	4
2. 수질오염원이 되고 생물다양성을 저해하는 갈대습지	5
3. 갈대 관리의 필요성	6
4. 갈대 관리시 부가적 이익	7
III. 새만금 하천변 갈대관리에 의한 경제성 및 환경성	8
1. 새만금유역 하천변 갈대의 조사료화 가능성	8
2. 갈대의 조사료화에 따른 경제성 검토	9
3. 갈대의 조사료화에 따른 환경 개선효과 검토	10
IV. 정책제언	11

〈요 약〉

- 새만금 유역(만경강, 동진강) 수변구역과 다년간 방치된 새만금 개발지역에는 넓은 갈대군락지가 형성되어 있음
- 갈대는 인공습지 조성시 선택되는 대표적인 정수식물로 정부와 전라북도가 하천의 수질개선을 위해 계획하고 있는 하천정비사업으로 조성되는 인공습지 역시 갈대군락을 형성할 가능성 높음
- 그러나 수질개선에 탁월한 능력을 가지고 있는 갈대가 적절하게 관리되지 못하여 시화호 인공습지의 경우 조성 후 고사체와 과도한 서식밀도에 의한 퇴적토 발생으로 습지내 물의 흐름이 원활하지 못하게 되어 오히려 오염원으로 작용하였음
- 부산 을숙도의 경우도 과도한 서식밀도로 인하여 타 수생식물의 번식을 방해하고 조류의 서식을 방해하여 서식 가능한 종을 단순화시킴으로써 생물다양성을 떨어뜨리는 부정적 영향을 초래하였음
- 따라서, 하천변에 서식하는 갈대의 지속적 수질개선 효과와 생물다양성 확보를 위해서는 갈대군락에 대한 정기적인 관리가 필요함
- 화천군, 단양군, 한국농어촌공사 천수만사업단 등의 경우 하천변 갈대를 조사료화하여 지역 축산농가가 안고 있는 사료값 인상부담을 경감시켜 주고 있어 수변관리를 위해 수확된 갈대의 부가적인 경제적 효과도 기대됨
- 하천변 갈대군락의 관리를 통해 수질개선과 경제적 가치창출이라는 일석이조의 효과를 얻기 위해서는 먼저, 만경강과 동진강의 수변구역을 체계적으로 관리할 하천환경관리계획이 필요하며 다음으로, 민관협의체를 중심으로 지역 주민과 연계한 갈대자원화 계획이 필요함. 마지막으로 새만금유류부지에 자연적으로 조성되는 갈대군락은 생태관광을 위한 경관자원화로 활용될 수 있음
- 만경강과 동진강 하천변에 분포하고 있는 자생갈대군락지 175ha가 생태습지로서 역할을 할 경우 질소(N) 4,893kg/일, 인(P) 74kg/일 정도를 정화할 수 있을 것으로 예상되며 조사료화를 통해 2회 수확시 109,125천원(1회 수확시 87,500천원)의 사료절감 효과가 기대됨

I. 들어가며

- 새만금 상류지역인 만경강과 동진강 수변구역은 새만금 하천 수질에 직접적인 영향을 미칠 뿐만아니라 상류지역과 호소를 잇는 완충지역으로 체계적으로 관리가 요구됨
- 정부와 전라북도가 만경강, 동진강의 수질개선과 지류하천 종합정비를 통해 수변구역을 생태공간으로 조성할 계획임
 - 셋강형 수로, 초지조성, 자전거도로, 수림대 및 여울 등을 조성하는 사업
 - 습지식물인 갈대는 대표적 정수식물로 호기성 미생물의 활성을 높여 오염물 저감에 기여하는 특성을 가지고 있어 널리 이용될 것으로 예상됨
- 새만금 유역의 제외지와 새만금개발예정 유류부지에 형성된 갈대군락은 자연스럽게 완충지역을 형성하며 수질개선에 기여하고 있을 것으로 기대됨
 - 만경강, 동진강 수변구역에 다년간 방치된 제외지와 새만금 방조제 배수갑문의 수위조절로 인해 드러난 개발예정지를 중심으로 갈대군락이 형성되어 있음
- 그러나 관리되지 못한 갈대군락은 수질 및 생태학적으로 부정적 영향을 초래할 수 있음
 - 비생육기간인 동절기에 갈대의 지상부가 고사하여 토양내 축적됨으로 인해 장기적으로 생물학적 산소 요구량(BOD)을 증가시키거나 부영양화의 원인이 됨
 - 과도하게 번식된 갈대군락은 물의 흐름을 저해하거나 철새들의 서식환경을 악화시켜 생물다양성 훼손 가능성이 있음
- 이에 갈대군락지에 대한 체계적인 관리를 통해 일석이조의 효과를 거두는 방안 모색 필요
 - 하천정비와 자연적 방치로 형성된 갈대군락지에 대한 정기적인 관리를 통하여 수질개선과 생물다양성 확보 등 긍정적 효과가 지속될 수 있는 방안 모색이 필요하며
 - 아울러 화천군, 단양군, 한국농어촌공사 천수만사업단 등 최근 타 지자체 및 공사가 갈대 조사료화를 통해 지역 축산농가의 사료로 공급해 줌으로써 얻고 있는 경제적 효과를 전라북도 역시 적극적으로 활용해야 함

II. 갈대에 의한 수질관리의 양면성

1. 오염물질 제거에 탁월한 갈대습지

- 갈대는 각종 수질오염물질에 강한 내성을 띠며, 뿌리줄기의 발달로 근권에 산소를 원활히 공급함으로써 호기성 미생물의 활성을 높여¹⁾ 유기물, 부유물질(SS), 질소(N), 인(P) 등의 제거에 탁월함
 - 갈대의 질소 및 인 함량은 생장이 왕성한 8월에는 질소 7.7 ~ 14.7g/kg 인 1.0 ~ 2.3g/kg이었으며, 동면기인 3월에는 질소 4.6 ~ 10.3g/kg, 인 0.7 ~ 1.4g/kg로 비교적 낮은 반면, 새순이 형성되는 5월~7월에는 질소 14.8 ~ 24.8g/kg, 인 2.0 ~ 4.2g/kg로²⁾ 계절에 따라 차이가 있음
 - 갈대는 통기조직이 발달하여 대기 중의 산소를 뿌리로 공급하면서 질산화·탈질화를 유도하여 제거되며 이때 흡수되는 질소의 양은 약 25%이며, 탈질화에 의해서 제거되는 양이 약 60~70%³⁾임
- 국내외에서 오수정화를 위해 갈대습지 활용하고 있는 사례⁴⁾를 찾아볼 수 있음
 - 유럽내에는 약 268개소의 갈대습지가 있으며 완충능력이 강하고 관리 및 유지가 용이한 경제적 시설로 평가받고 있음

〈표 1〉 유럽내 갈대습지 현황

구분	BOD	COD	T-N	T-P	SS
유입수(mg/l)	68	57	64	63	61
유출수(mg/l)	134	196	385	433	17.2
효율성(%)	80.3	65.6	39.5	31.7	73.5

- 미국내 갈대습지의 경우 동절기에도 수질개선효과가 있음을 보여주고 있음⁵⁾

〈표 2〉 미국내 갈대습지 현황

구분	BOD		SS	
	연간	동절기	연간	동절기
유입수(mg/l)	40	41	30	35
유출수(mg/l)	14	18	9	9
효율성(%)	65	56	70	74

- 영국내 갈대습지 역시 관리 및 유지가 용이하고 경제적인 오수정화시설로 평가하고 있으며 설치지역별 개선효과는 〈표 3〉과 같음

〈표 3〉 영국내 갈대습지 현황

설치지역	설치년도	시설방식	BOD		SS	
			유입	유출	유입	유출
Airton	1989	FWS	139	11	96	15
Carperby	1991	FWS	81	9	209	12
malham	1985	FWS	26	13	-	-
Wenwirth	1993	FWS	51	13	75	21
Wetwang	1990	FWS	61	9	93	11
Hdtby	1986	FWS	230	34	159	23
Westow	1987	FWS	216	52	144	31
Nun Monkton	1987	FWS	196	59	111	34
	평균		125	25	127	21

1) Copper, P.F. and A. G. Boon. 1987. The use of phragmites for wastewater treatment by the root zone method
 2) 한국수자원공사. 2002. 시화호 인공습지 운영관리 방안연구.
 3) Spiels, D.J and W.J. Mitsch. 2000. The effects of seasons and hydrologic and chemical loading on nitrate retention in constructed wetlands : a comparison of low-and high-nutrient riverine systems. Ecological Engineering, 14 : 77-91
 4) 이동연. 2004. 군부대 오수 정화 시설에 대한 갈대습지의 적합성 검토사례 연구.
 5) US EPA, 1994. Protecting Coastal and Wetlands Resources : A guide for Local Governments. EPA

- 홍천 00부대는 갈대습지 조성으로 높은 오염물질 제거 효과를 보고 있으며 오수가 갈대습지를 통과한 후 고형물질들의 제거로 물의 탁도가 개선됨을 확인 할 수 있음

〈표 4〉 홍천 00부대 갈대습지 조성 효과

구분	BOD	SS	T-N	T-P
유입수(mg/l)	52	32	26	2.7
유출수(mg/l)	11.6	13	24	1.9
효율성(%)	78	80	28	30

2. 수질 오염원이 되고 생물다양성을 저해하는 갈대습지

○ 관리되지 않는 갈대는 고사체와 물의 흐름을 방해하여 수질오염원이 될 수 있음

- 비생육기간인 겨울철 갈대의 지상부는 고사하여 토양에 유입되어 토양 유기물 함량을 상대적으로 증가하나 고사체의 분해 속도가 느려 즉각적 부영양화는 일어나지 않더라도⁶⁾ 토양에 축적된 고사체는 장기적으로 생물학적 산소 요구량을 증가시켜 부영양화의 원인이 될 수 있으며, 이는 갈대의 생육을 저해 할 수도 있음⁷⁾

- 시화호의 경우 “시화호 수질개선대책”의 일환으로 반월천, 동화천, 삼화천이 만나는 지점에 총 5개의 습지를 조성하여 상류 유역의 비점오염원 저감을 목적으로 2002년 5월부터 운영

- 그러나 습지운영 초기 유기물 및 영양염류 제거효율이 약 40~50%로 매우 양호한 수준이었으나 2004년부터 일부 오염물질 제거효율이 저하되었고 계절변동에 의한 영향 등으로 수처리 기능이 안정적이지 못한 경향을 보임⁸⁾

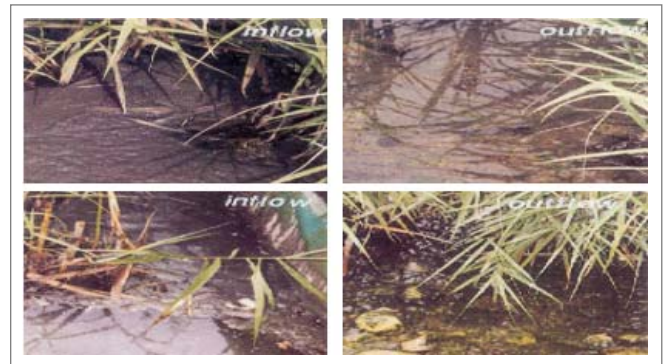
- 김세원 등⁹⁾은 시화호 인공습지의 수질정화기능 하락의 주요원인이 수위 및 수심조절 등이 계획적으로 운영되지 못하고 오염물질들의 지속적인 퇴적 등으로 인해 봄과 여름철에 혐기성 환경이 형성되어 유기물 분해 능력이 감소하였기 때문이라고 보고 있음. 또한 습지내 물흐름이 원활하지 못하여 대량 증식한 조류와 오염물질들이 습지 내 수로를 통해 수질정화과정 없이 직접 유출되는 현상들로 인해 수질정화능력이 감소하였다고 지적하고 있음

- 이를 개선하기 위해 수위관리, 물흐름 개선뿐만 아니라 식생관리, 식물플랑크톤 대량증식 관리방안, 고사체 제거 및 인 유출 억제방안, 수질 및 퇴적물 모니터링 등 다양한 수질정화기능 향상을 위한 대책을 체계적으로 수립하여 수행해야 함을 제안하고 있음

- 양양군⁹⁾은 살아있는 갈대는 하천 정화능력이 있으나 갈대가 고사되어 썩으면 하천 오염의 원인이 됨 매호 주변에 자생하는 갈대의 고사로 석호의 부영양화 및 호소습지가 가속됨에 따라 이를 방지하고자 매호 갈대제거 사업에 착수하였으며, 한달여 동안 총 2,700만원을 들여 현남면 매호가 위치하고 있는 광진리, 전포매리, 남애리 일원 총 4만8,651m²에 있는 갈대 제거작업을 실시

○ 하천변에 과밀하게 성장한 갈대군락을 서식환경을 악화시켜 생물다양성을 저해함

- 하구생태계에서 갈대는 수계로 유입된 오염물질을 정화하며 인간에 의한 압력요인을 감소시키는 완충 역할을 수행하는 등



〈그림 1〉 홍천 00부대 갈대습지 내에서의 유입수와 유출수 비교

(홍천 00부대, 1998)

6) 주용규, 1998. 간석지에서의 갈대 시공법에 관한 연구, 한국정원학회지 16: 35-40

7) 최동환, 김태선, 1999. 인공습지의 수질정화: 갈대인공습지의 수질정화를 중심으로, 농공기술 9: 78-85

8) 김세원, 김동석, 최광순, 2009. 시화호 인공습지 운영현황 및 수질정화 기능 개선방안, 한국수자원학회지 42(7) : 49-55

9) 기사출처: 강원일보, 2009.11.10 "양양 매호 갈대 제거 사업"

생태계에서 긍정적인 기능 또한 담당하고 있음 (USEPA, 1988; USACE, 2000)

- 하지만 생존력이 강해서 일단 세력을 확장하게 되면 제거가 힘들고 양분과 공간, 햇볕을 차단하여 타 식물의 생육을 저해할 수 있어 다양한 생물의 서식처를 필요로 하는 생태공원에서는 오히려 장애 요소로 작용할 수도 있음¹⁾
- 조류공원으로 조성된 을숙도 내 갈대분포 특성연구에서 정수식물인 갈대가 세력을 확장하면 물새들이 뚫고 지나가기 어려울 정도로 밀생하게되어 오리류만 일부 갈대 밀집지역의 가장자리에 동지를 틀 수 있는 단조로운 환경을 구성하게 되어 다양한 조류가 서식하기 불리한 환경을 만들 수 있음을 지적하고 있음
- 또한 과다 번식한 갈대는 다른 유용한 정수식물을 몰아내기도하여, 정수식물들이 제공하고 있는 종자, 괴경 및 새싹들의 먹이와 동자로서의 역할을 제한할 수 있는 것으로 알려져 있음¹⁾



〈그림 2〉 부산 사하구 을숙도 하단부의 인공습지 육지화

3. 갈대 관리의 필요성

○ 생육기 갈대의 지상부제거가 수질정화효과를 증대할 수 있음

- 자연 및 인공습지의 유지 및 관리에 있어 생육기 말 뿐만 아니라 생육기 중에 부가적으로 지상부를 제거하는 것이 영양염류의 제거를 통하여 수질정화의 효과를 증대하는 것으로 보임²⁾

〈표 5〉 습지갈대의 관리방법(Common wetland invasive plant control methods)¹³⁾

방법	특징	적용 방법
기계적 처리	- 인력 혹은 장비를 사용 갈대의 경엽부 혹은 전체를 제거. - 고품 혹은 작은 규모로 성장하는 경우 파내기 적합. - 근경을 완전히 제거하는 것이 바람직함. - 제거된 뿌리, 근경과 줄기에서도 다시 새싹이 나올 수 있으므로 주의 요구. - 습지의 형태와 경관적인 변화를 가져올 수 있음. - 파낸 근경에 적절한 온도와 수분이 공급되면 다시 근경에서 새로운 개체가 생장할 수 있음.	- 1년에 5회 이상 5년에서 10년 정도 지속적인 관리 바람직함. - 제거횟수와 지속 시기는 기후와 대상지역의 특성에 따라 다를 수 있음. - 봄에 제거하면 원래 상태보다 밀도가 더욱 증가될 수 있음. - 베어내는 늦가을 혹은 늦은 생장시기가 효과적임 - 늦여름에 갈대를 처리하면 겨울의 저온과 서리 등에 의하여 근경이 완전 제거 될 수도 있으나 제거지역을 건조하게 유지시키는 것이 중요함
생물학적 처리	- 먹이사슬에 의한 갈대의 섭식이 주요 제거 기작임 - 나방유충(moth larvae), 진딧물(aphids), 잠엽곤충(leaf miners), 흑파리(gall midges), 설치류 (rodents), 조류(birds), 소(cattle) 등을 이용.	- 물닭은 동우리 주변의 어린 줄기를, 소는 아리고 좁이 많은 줄기를 제거하므로, 갈대 발생초기에 적용이 가능. - 머스크랫(muskrats)이나 누트리아(nutria)와 같은 설치류의 경우에 인위적인 조절이 안됨
수위 조절	-수심을 30cm 이상 유지하여 갈대를 제어. -정착한 갈대의 경우 제거가 어려움	-갈대 발생기에 적용. -다른 방법과 함께 사용 가능.
노출/차광/말칭	- 투명하거나 검은 플라스틱을 이용하여 갈대온도 조절 - 광합성능력을 감소시켜 갈대의 성장 억제. - 특정지역의 세부적인 조절에 효과적으로 사용됨	- 1년여 정도 (전체생장기간) 지속적으로 적용이 필요. - 적용 후 목표종의 재식재 등 갈대의 재침입 방지 필요.
화학적 처리	-저초제를 사용하여 갈대를 제거. - 지역적 특성, 주민의 반발, 주변 생물의 독성, 적용규제 등 여러 가지 제약이 따를 수 있음. - 사용된 제초제가 근경까지 이동하여야 함.	-생장기에 생성된 영양분과 함께 제초제가 근경으로 이동할 수 있기 때문에 실제 생장기간에 적용이 바람직함. - 종자를 생성하는 시기가 제초제를 적용하기에 가장 적합한 시기.
환경 변화와 소각	- 갑작스러운 염분 변화 등의 환경변화를 이용함 - 소각하여 제거함	- 겨울이나 봄에 태우는 것은 오히려 다음해의 갈대생장을 촉진시킬 수 있음. - 소각의 경우 늦여름이 가장 적합함. - 이른 여름의 경우에도 새로운 싹이 나와 생장 할 수 있음.
복합 처리 방법	- 복합처리의 경우 그 효과가 클 수 있음. - 배수-기계적 혹은 화학적 처리-수위조절 혹은 화학적 처리와 소각의 병행	- 적용방법에 따라 달라질 수 있음.

10) 원병오, 2004 자연생태계의 복원과 관리 : 조류서식지 조성과 보호를 중심으로, 다른세상.
 11) 정용현, 성기준, 강대석, 이석모, 박소영, 2008 을숙도 생태공원내 서식지별 환경요인과 갈대분포 특성, 한국환경복원기술학회지 11(3) : 50~61
 12) 정연숙외, 1999 습지식물의 지상부 제거가 생산력과 영양염류 제거량에 미치는 효과
 13) Barnes, 2003; Ailstock et al., 2001; Kay, 1995; Cross and Fleming, 1989; Applebaum and Sams, 1989.

○ 갈대를 제거한 지역이 제거하지 않은 지역 보다 생물다양성이 증가할 수 있음

- 여름에 갈대를 제거하면 다른 수생식물이 침입하여 자랄 수 있으며, 갈대를 제거한 지역이 갈대를 제거하지 않은 지역에 비해 박새의 수가 26% 증가한 사례가 있음

4. 갈대 관리시 부가적 이익

○ 수질관리를 위해 제거된 갈대는 조사료화로 부가적 이익을 창출할 수 있음

- 갈대 등 주요 야초자생지는 파주 민통선, 안산 시화지구, 원주 섬강, 당진 석문지구, 영광, 해남, 고흥, 창원, 제주 등 전국적으로 분포하고 있으며
- 6~7월 중 수확하여 조사료화한 갈대의 경우 벼짚보다 우수한 사료가치를 보유하고 있는 것으로 알려져 있음

〈표 6〉 갈대와 벼짚의 사료가치 비교(건물기준)

구분	조단백질	NDF(%)	ADF(%)	RFV	TDN(%)	
갈대	6월 수확	5.5	74.7	44.8	67.4	53.3
	7월 수확	4.6	74.9	46.8	65.1	46.9
벼짚	5.1	75.4	51.0	60.6	43.7	

주 1. 조단백질 함량은 높을수록 좋음

2. NDF(중성세제 불용 섬유소)는 가족 섭취량과 관계, 낮은 것이 좋음

3. ADF(산성세제 불용 섬유소)는 가족 소화율과 관계, 낮은수록 좋음

4. RFV(상대사료가치), TDN(가소화영양소총량)은 높을수록 좋음

○ 갈대를 활용하여 조사료화한 지자체 사례는 다음과 같음

- 한국농어촌공사 천수만사업단, 화천군 등은 하구지역 및 하천변에 자라는 갈대를 자원화하여 습지식물을 새로운 경제재로 창출함
- 한국농어촌공사 천수만사업단은 지역축산농가에 대한 조사료 지원을 위해 보령호 방조제 내 유휴 토지 189ha에 있는 갈대를 채취해 저렴하게 보급하여 연간 2천 5백여 톤의 갈대 조사료를 홍성과 보령의 축산농가에 공급하게 되며 연간 1억 3천여 만원의 예산절감 효과로 사료값 인상에 따른 축산농가들의 경제적 부담 경감 기대
- 화천군은 버려지던 갈대를 활용해 녹색 조사료를 생산하고 있으며, 수확한 갈대는 전량 지역 내 한우 농가에 1롤당 2만 5천 원에 공급 이는 시중 조사료보다 절반가량 저렴하여 조사료 수입 대체 효과는 물론 사료구입에 따른 농가 부담을 6천 8백 만원 가량 절감 가능하며, 화천군이 조성한 갈대 밭은 36ha에 이르고 있어 한해 천 88톤, 2천 7백롤을 생산해 한우농가에 공급할 계획이며, 또한 희망 근로 프로젝트와 연계하여 연인원 6천여 명을 투입일자리 창출
- 단양군¹⁴⁾ 가곡면은 남한강 상류 지역으로 강변에 조성된 갈대 군락이 산책로로 이용되다 막 자라 흉물스러운 갈대를 베어내는 부역사업을 실시 베어낸 갈대의 처리를 위해 축산 조사료로 활용하여 축산농가에 이용되었으며, 이때 갈대풀로 만들어진 축산 조사료는 모두 215롤(1롤 600kg)로 벼단 기준으로 금액을 환산하면 1롤 당 7만원씩으로 총 1,500만원 상당임
- 당진시¹⁵⁾는 사료화를 위한 갈대채취를 위해 석문간척지내에 50ha(15만여평)에서 약 1,500여톤을 수확하여 사료화 하였으며 특히, 이곳의 무성한 갈대는 호맥 등 조사료와 성분에서 큰 차이가 없어 채취후 미생물 발효제를 주입 랩시일리지로 제조하여 사료로 활용함 호맥 등 일반조사료는 시중에서 5만 5000원~5만원 사이에 거래되는데 비해 이곳에서 채취한 갈대 조사료는 20%정도 저렴한 가격으로 축산농가에 공급함

14) 박우하, 박희진 2009, 인공습지 갈대관리, 한국수자원학회지 42(3) : 29-32

15) 기사출처 : 뉴스 코리아 2012.08.20 "갈대로 받은 은혜 체육발전기금"으로 보음

16) 기사출처 : 충남넷 2009.07.31 "야생 갈대를 사료로 갈대밭의 재발견"



〈그림 3〉 갈대조사료화 사례

III. 새만금 하천변 갈대관리에 의한 경제성 및 환경성

1. 새만금유역 하천변 갈대의 조사료화 가능성

- 만경강과 동진강 하구의 제외지와 유효부지에 갈대군락이 분포함
 - 현장조사 결과(강살리기추진단 김제시 청하면 화포리 새만금간척지 내와 죽산면 연포리 하천부지 내에 175ha≒1.75km²≒ 529천평규모의 자생갈대군락지가 형성되어 있는 것으로 조사됨
 - 자생갈대군락지 면적은 향후 추가적인 조사를 통하여 증가할 수 있음



〈그림 4〉 새만금유역 하천변 자생갈대군락지

- 타 지역 사례를 바탕으로 만경강과 동진강 하구 갈대생산량을 예측할 수 있음
 - 현재 갈대의 조사료화는 파주 민통선 지역 곤포사일리지에서 ha당 10톤, 안산 해남지역에서는 7~8톤 정도 규모로 이루어지고 있음

〈표 7〉 파주 민통선 지역 갈대 등 야초류의 생산량

구분	수확면적 (ha)	생산량(롤)			생산량(톤)			ha당 생산량(톤)		
		여름	가을	계	여름	가을	계	여름	가을	계
2009	100	2,000	500	2,500	800	200	1,000	8	2	10
2010	90	1,300	950	2,250	200	380	580	6	4	10

주 국립축산과학원(2010), 곤포 사일리지 기준(롤 400kg)

〈표 8〉 해남지역 갈대 등 아초류의 생산량

구분	수확면적 (ha)	생산량(톤)			생산량(톤)			ha당 생산량(톤)		
		여름	가을	계	여름	가을	계	여름	가을	계
예년	300	300	1,500 (2,000)	4,500 (5,000)	1,500	700 (1,000)	2,500	5	3	8
2010	300		4,200			2,000			7	

주) 국립축산과학원(2010), 근포 사일리지 기준(1롤 450~500kg)

- 파주 민통선 지역 갈대 등 아초류의 생산량 원단위를 적용할 경우 만경강과 동진강 하구에 자생하고 있는 갈대군락지에서 연간 약 1,750톤을 생산할 수 있을 것으로 예측됨

〈표 9〉 조사지역 자생갈대 생산량

수확면적 (ha)	생산량(톤)			생산량(톤)			ha당 생산량(톤)		
	여름	가을	계	여름	가을	계	여름	가을	계
175	3,500	875	4,375	1,400	350	1,750	8	2	10

※ 갈대 생산기준(롤 450?500kg) / 자료참고 - 주)국립축산과학원(2010)

2. 갈대 조사료화에 따른 경제성 검토

○ 수익측면에 따른 경제성 분석

- 전술한 조사 자료를 근거로 2회 생산을 할 경우를 상정하여 갈대의 생산량을 산정한 결과 여름과 가을의 생산량이 큰 차이를 보이고 있음. 경제성 측면에서는 1회 생산이 바람직하나 총소득 측면에서는 2회가 더 나올 것으로 보임
- 갈대 조사료화 예상 매출액은 아래의 〈표 10〉과 같음

〈표 10〉 조사지역 예상 매출액

수확면적(ha)	생산량(롤)	신출내역(원)	매출액(천원)
175	4,375(2회 수확)	4,365롤×25,000원	109,125
175	3,500(1회 수확)	3,500롤×25,000원	87,500

※만경·동진강유역 자생갈대의 최소면적, 최소생산량, 최소판매액을 적용

○ 비용측면에 따른 경제성 분석

- 농기계를 활용하여 작업을 수행 시 비용은 아래와 같음
- 작업 면적을 30천평을 기준으로 175ha를 작업하기 위해서는 17.65일이 소요되는 작업으로 작업기간은 18일을 산정
- 농기계 임대가격은 농업기술원의 고사가격을 참고하였으며 임대되는 지역에 따른 차이와 농기계의 기종(브랜드, 마력수, 크기)에 따라 달라질 수 있음

〈표 11〉 갈대 수확시 소요되는 비용

구분	항목	신출내역(원)	비용(천원)
농기계 임대비용	베일러	47,000원/일×18일	5,742
	집초기	25,000원/일×18일	
	예초기	55,000원/일×18일	
	넛핑기	65,000원/일×18일	
	트랙터	127,000원/일×18일	
인건비	인건비	100,000원/일×5인×18일	9,000
합계			14,742

※ 투입되는 장비의 임대비용은 지역에 따라 차이가 있을 수 있음

※ 자생갈대의 수확이므로 비료비 등 관리비용은 포함하지 않음

○ 수지분석

- 대상면적 175ha에 대한 갈대 조사료화 사업에 대한 수지분석결과
- 총수입은 1회 수확시 87,500천원, 2회 수확시 109,125천원이었으며 비용은 1회 수확시 14,742천원, 2회 수확시 29,484천원이 소요될 것으로 예상됨
- 따라서 1회 수확시 72,758천원, 2회 수확시 79,642천원의 수익을 얻을 수 있는 것으로 나타남

〈표 12〉 경제적 수지분석

수확회수	생산량(톤)	구분	신출내역(원)	매출액(천원)	수익(천원)
2	4,375	수입	4,365톤×25,000원	109,125	79,641
		비용	14,742천원×2회	29,484	
1	3,500	수입	3,500톤×25,000원	87,500	72,758
		비용	14,742천원×1회	14,742	

※작업면적 : 30천평 기준, 민경·동진강유역 자생갈대의 최소면적, 최소생산량, 최소판매액을 적용.

- 수지분석에서 나타난 효과 이외에 다양한 효과가 기대됨
- 사업으로 인한 수익 이외에도 농가의 조사료화를 통해 2회 수확시 109,125천원(1회 수확시 87,500천원)의 사료절감 효과가 기대됨
- 또한 조사료화 농장은 브랜드화를 통해 가치를 제고시킬 수 있는 방안이 있으며 이는 소득으로 직접 연결될 가능성이 높아 추가적인 혜택이 예상됨

〈비용분석에 활용한 전제조건〉

- 갈대 생산을 위해서 소요되는 비용은 크게 수확, 포장, 운송비용으로 나눌 수 있음
- 갈대 생산의 경우 일부 시군에서는 희망근로 인력을 투입하여 작업을 하였으며 대부분은 농기계를 활용한 작업을 수행하였음
- 농기계를 활용하여 작업을 수행한 경우에 아래와 같은 과정을 거침
 - ① 갈대베기 : 트랙터 + 예취기 연결
 - ② 벤 갈대 모으기 : 트랙터 + 집초기 연결
 - ※ 벤 갈대 2줄 → 1줄로 모음, 발효제 투입
 - ③ 집단 작업 : 트랙터 + 베일러 연결
 - ④ 비닐(밀봉) 포장(롤)작업 : 트랙터 + 넷핑기 연결
 - ※ 최근에는 복합 베일러 장비(③+④)로 집단 및 포장
- 농기계를 활용하여 작업을 하는 경우 필요한 생산장비 및 소요인력을 보면 아래와 같음
 - 장 비 : 트랙터(1대), 예취기(1대), 집초기(1대), 베일러(1대), 넷핑기(1대), 기타(축사에 롤 운반트럭)
 - 소요인력 : 5인(각 공정별로 기사)
- 농기계를 활용하여 작업을 수행 시 생산량을 보면 아래와 같음
 - 작업시간 : 09:00 ~ 18:00(8시간 작업 상정)
 - 작업 면적 : 25천평 ~ 30천평
 - 1일 생산량 : 180톤 ~ 200톤(평균 180톤; 1톤의 무게는 600 ~ 700kg)
- 작업 면적을 30천평을 기준으로 175ha를 작업하기 위해서는 17.65일이 소요되는 작업으로 작업기간은 18일이 필요함

3. 전라북도 갈대의 조사료화에 따른 환경 개선효과 검토

○ 갈대에 의한 오염물질 정화가능량

- 갈대군락지 175ha가 생태습지로서 역할을 할 경우 N 4,893kg/일, P 74kg/일 정도의 오염물질을 정화할 수 있을 것으로 예상됨
- 175ha의 갈대군락지는 인을 기준으로 하면 약 47천명 규모의 하수처리구역, 질소를 기준으로 하면 약 263천명 규모의 하수처리구역의 공공하수처리시설과 같은 정화능력을 가지고 있음

〈표 13〉 사업에 정지 갈대에 의한 오염물질 정화량

오염물질정화력(g/m ² /일) ¹⁷⁾	N	P	K	Ca	Mg
	2,796	0.0425	1,6982	0,1127	0,1443
갈대서식면적(m ²)	1,750,000				
오염물질정화량(kg/일)	4,893	74	2,972	197	253

〈표 14〉 전라북도내 비교가능 공공하수처리시설 운영현황(2011년도)¹⁸⁾

시설명	시설용량 (천톤/일)	처리구역내 인구(천명)	하수처리량 (천톤/일)	유입수질(mg/L)		유출수질(mg/L)		제거량(kg/일)	
				T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P
K	260	47.1	15	42,577	52,669	7,388	0,646	528	69
G	200.0	263.0	162.0	43,924	4,318	14,373	1,328	4,787	484

- 갈대의 관리를 위하여 수확하는 경우 생체내 함유량이 가장 많은 여름철의 경우 질소가 118.4~198.4kg/ha, 인이 16.0~33.6kg/ha가 제거될 것으로 예상됨

〈표 15〉 갈대수확에 따른 질소(N), 인(P)제거량 예측

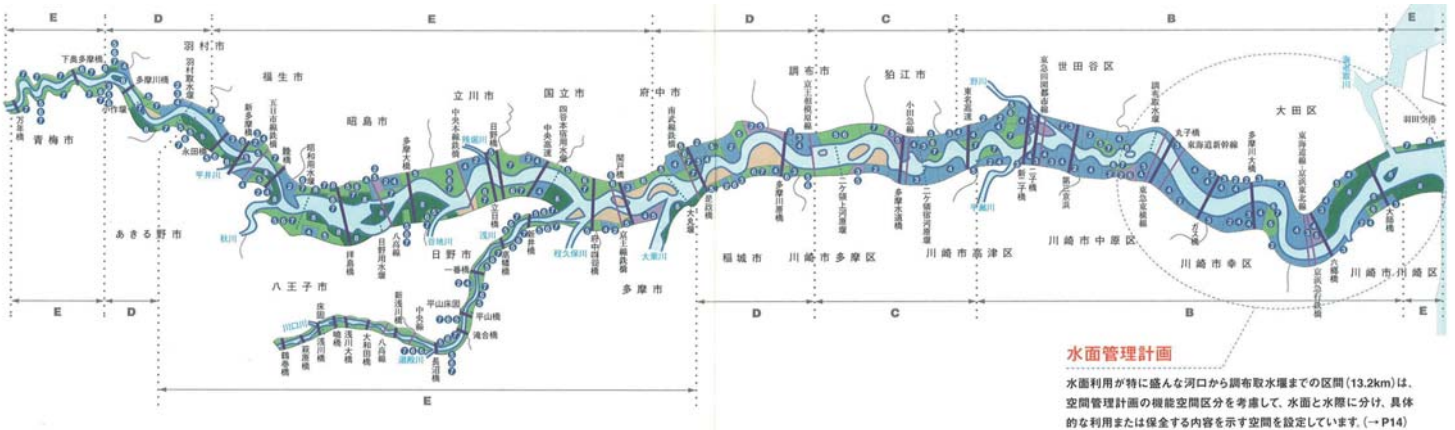
구분		여름(5~7월)		가을(8월)	
		최소	최대	최소	최대
면적당 제거 가능량(kg/ha)	질소(N)	118.4	198.4	15.4	29.4
	인(P)	16.0	33.6	2	4.6
갈대서식면적(ha)		175			
수확에 따른 제거가능량(kg)	질소(N)	20,720	34,720	2,695	5,145
	인(P)	2,800	5,880	350	805

IV. 정책제언

- 만경강과 동진강이 하천정비에 의해 조성되거나 기존에 형성된 생태습지를 통하여 수질개선효과를 얻기 위해서는 정기적인 관리가 필요하며 이를 추진할 추진체계가 필요함
- 만경강과 동진강 하천환경관리계획 수립이 필요함
 - 만경강과 동진강 수변지역에 대한 갈대 등에 대한 생태조사를 실시하여 우수한 수질개선 특성과 높은 생물다양성을 보이는 지역 그리고 정비가 필요한 지역을 공간적으로 구분하고 지역특성에 맞는 하천환경관리계획 수립이 필요함
 - 이를 기반으로 지속적인 수질개선 및 높은 생물다양성(조류, 습지식물 등)이 형성되도록 적정밀도로의 관리가 이루어지도록 하여야 함
 - 일본 타미치의 경우 하천을 5개 영역(인공정비영역, 시설이용영역, 정비자연영역, 자연이용영역, 자연보전영역), 7개 기능공간(地先시설 레크레이션공간, 광역시설 레크레이션공간, 운동건강관리공간, 자연레크레이션공간, 교육공간, 정서공간, 생태계보전공간) 구분하여 하천특성 및 지역요구에 맞게 하천환경관리계획을 수립하여 관리하고 있음

17) 국립환경연구원, "필당호 수질관리 특별대책수립을 위한 오염저감기술", 농어촌진흥공사, "수생식물에 의한 수질개선기법 연구(II)"

18) 환경부, 공공하수처리시설운영현황, 2011



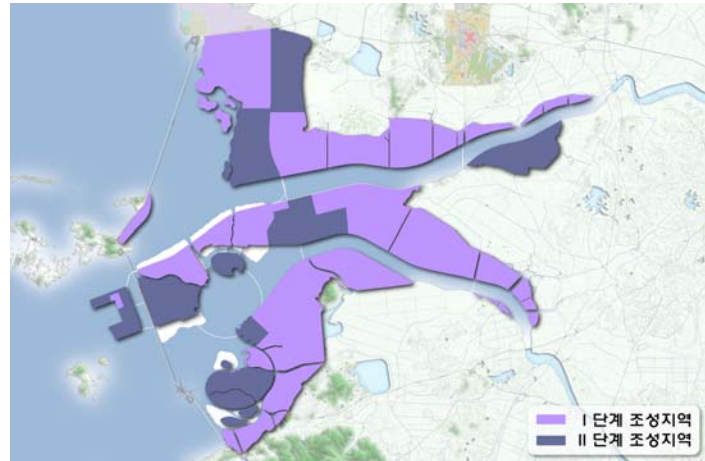
〈그림 5〉 일본타마천 하천환경관리계획도¹⁹⁾

○ 민관협업체 구성을 통한 지역 주민과 연계한 갈대자원화계획이 필요함

- 생태습지내 밀도관리과정에서 발생하는 갈대는 사료로서 가치를 인정받고 있어 조사료화를 통하여 축산농가에 저렴하게 공급할 수 있는 자원임
- 타지역의 경우 이미 하천주변 갈대를 대상으로 한 조사료화 사업을 통하여 일자리창출 및 축산농가 사료값 경감에 기여하고 있음
- 따라서, 갈대가 다량 번식한 지역을 중심으로 수질관리와 조사료화를 위한 민관 거버넌스를 구축하여 주기적인 관리와 공급을 위한 체계구축이 이루어지도록 해야 할 것임

○ 새만금유휴부지 갈대군락조성을 통한 경관자원화를 통한 생태관광 활용방안 모색이 필요함

- 과학연구용지, 신·재생에너지용지, 도시용지 등 2021년 이후 개발을 계획하고 있는 유휴부지의 경우 관련 부처와 협의를 통하여 인공적 갈대군락을 조성한 후 경관자원화를 통하여 생태체험이 가능한 공간으로 활용하는 방안 모색이 필요함
- 또한 유휴부지에 조성되는 갈대군락지는 주변 토지로부터 유입되는 비점오염농도를 경감시키는 완충지로서의 역할을 수행할 수 있음



〈그림 6〉 새만금내부개발 추진단계(1 단계 : 2020년까지, 2단계 : 2020년이후)

19) 多摩川の 環境と 川づくり